# ปริมาณคลอโรฟิลล์และสถานะของธาตุอาหาร ในใบทุเรียนและดินที่เจริญเติบโตในระบบวนเกษตร

# Chlorophyll Content and Nutrient Status in Durian Leaves and Soil Growing Under Agroforestry System

**พจนีย์ แสงมณี* วิมลฉัตร สมนิยาม และ พิชัย ใจกล้า**

Podjanee Sangmanee*, Vimolchat Somniyam and Phichai Chaikla

*สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จ. อุตรดิตถ์ 53000*

*Division of Agriculture, Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000, Thailand*

**Corresponding author: Email: psangmanee191@gmail.com*

*(Received: 5 October 2021; Accepted: 22 April 2022)*

**Abstract:** Nutrient management is very important for growing quality durian on sloping land in the agroforestry system of Uttaradit province. The objectives of this work were to determine chlorophyll content, and evaluate nutrient status in soils and leaves during the first and second stages of leaf flushing that link to photosynthesis and nutrient management. Soils and leaves of seven orchards differing in nutrient management were collected. Soil properties such as pH, organic matter, available phosphorus, exchangeable potassium, calcium and magnesium were analyzed. Furthermore, greenness values, chlorophyll content and nutrients including nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium of leaves were analyzed. Medium and correlation between 2 variables were determined. The results showed that chlorophyll contents were observed higher in the first leaf stage. Greenness correlated with total chlorophyll ($r = 0.52^{***}$) but not for nitrogen. Soil pH was below 5.5 and organic matter was over 2 percent. All available forms of nutrients such as phosphorus, potassium, calcium and magnesium were mostly below the standard range. Negative interaction between exchangeable potassium and exchangeable calcium ($R^2 = 0.36^{**}$) and exchangeable magnesium ($R^2 = 0.38^{**}$) were observed. Meanwhile, the nutrient status of index leaves was varied. Only nitrogen contents were in the standard range. Phosphorus, potassium and magnesium contents were above standard ranges but calcium was the opposite. Negative interaction between potassium and calcium ($R^2 = 0.91^{**}$) as well as potassium and magnesium ($R^2 = 0.94^{**}$) were clearly noticeable. Nevertheless, magnesium was 3-6 times over the standard range. Briefly, magnesium was more needed over the standard range for photosynthesis. Calcium applied for soil pH adjustment is essential for durian growing under agroforestry.

**Keywords:** Durian, chlorophyll, index leaf, nutrient survey, interaction



Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

**บทคัดย่อ**: การจัดการธาตุอาหารมีความสำคัญมากต่อการเพาะปลูกทุเรียนให้มีคุณภาพบนพื้นที่ลาดชันในระบบวนเกษตรของจังหวัดอุตรดิตถ์ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการหาปริมาณคลอโรฟิลล์และประเมินสถานะธาตุอาหารพืชในดินและใบระหว่างช่วงการเจริญเติบโตของใบรุ่นที่ 1 และ 2 ที่เชื่อมโยงถึงการสังเคราะห์แสงและการจัดการธาตุอาหาร ดำเนินการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างดินและใบทุเรียนจากสวนทุเรียน จำนวน 7 สวนที่มีการให้ธาตุอาหารแตกต่างกัน เพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเก็บตัวอย่างใบมาวัดค่าความเขียว วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ วิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม นำข้อมูลมาหาค่ามัธยฐานและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ผลการศึกษาพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมากในใบดัชนีรุ่นที่ 1 ความเขียวของใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ($r = 0.52^{***}$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน ส่วนสมบัติดินในสวนทุเรียนพบว่า ส่วนใหญ่มีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 มีอินทรียวัตถุมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ พบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบปฏิสัมพันธ์ทางลบระหว่างโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับแคลเซียม ($R^2 = 0.36^{**}$) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($R^2 = 0.38^{**}$) ระดับของธาตุอาหารในใบดัชนีขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุอาหาร เฉพาะไนโตรเจนอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐาน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีค่ามัธยฐานสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างชัดเจน ขณะที่แคลเซียมต่ำกว่าค่ามาตรฐาน พบปฏิสัมพันธ์ทางลบระหว่างโพแทสเซียมกับแคลเซียม ($R^2 = 0.91^{**}$) และโพแทสเซียมกับแมกนีเซียม ($R^2 = 0.94^{**}$) อย่างชัดเจน แต่แมกนีเซียมเกินค่ามาตรฐาน 3-6 เท่า แสดงให้เห็นว่าทุเรียนต้องการแมกนีเซียมที่สูงกว่าค่ามาตรฐานเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง และการปรับค่า pH ด้วยการใส่แคลเซียมทางดินยังคงมีความจำเป็นอย่างมากต่อการเพาะปลูกทุเรียนในระบบวนเกษตร

**คำสำคัญ**: ทุเรียน คลอโรฟิลล์ ใบดัชนี การสำรวจธาตุอาหาร ปฏิสัมพันธ์

## บทนำ

การเพาะปลูกทุเรียนภายใต้ระบบวนเกษตรในเขตภาคเหนือพบได้ที่ในพื้นที่ของจังหวัดอุตรดิตถ์ ลักษณะพื้นที่เพาะปลูกเป็นภูเขาและมีความลาดชัน ทุเรียนเป็นพืชที่มีชั้นเรือนยอดระดับกลางที่เจริญเติบโตภายใต้ร่มเงาของไม้ป่าเดิม (Sangmanee *et al*., 2011) ดินที่ปลูกทุเรียนเกิดจากหินที่ผุพังอยู่กับที่หรือจากการสลายตัวของดินดานเชิงเขา ส่วนใหญ่เป็นดินลึกไม่เกิน 60 เซนติเมตรจากผิวดิน ในพื้นที่ 10 ไร่ มีต้นทุเรียนอยู่ประมาณ 5 - 50 ต้น ที่มีอายุตั้งแต่ 5 - 30 ปี เนื่องจากต้นทุเรียนเจริญเติบโตปะปนกับต้นไม้ชนิดอื่น ดังนั้น การจัดการดินและอัตราการใส่ปุ๋ยของแต่ละสวนเป็นแบบรายต้น โดยพิจารณาตามอายุของต้นและปริมาณผลผลิตทุเรียนที่ได้รับในปีที่ผ่านมา (Sangmanee, 2019) พันธุ์ทุเรียนที่มีชื่อเสียง ได้แก่ หลงลับแลและหลินลับแล ซึ่งเป็นพันธุ์ทุเรียนที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีพันธุ์หมอนทองและพันธุ์พื้นเมือง โดยปลูกมากที่สุดในพื้นที่อำเภอลับแล รองลงมาคืออำเภอเมืองและอำเภอท่าปลา ในฤดูกาลเพาะปลูกปี 2562 จังหวัดอุตรดิตถ์มีพื้นที่เพาะปลูกทุเรียน 41,143 ไร่ มีผลผลิตรวม 39,022.75 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,793.41 บาท (Uttaradit Provincial Office, 2019)

การจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับไม้ผลใช้หลักการเปรียบเทียบความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่ามาตรฐาน กล่าวคือ พิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบดัชนี (index leaf) เป็นตัวแทนเพื่อประเมินสถานะของธาตุอาหารของแต่ละสวน ส่วนผลจากการวิเคราะห์ดินใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงดินเพื่อให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Poovarodom *et al*., 2001) การศึกษาด้านการจัดการธาตุอาหารมีหลายวิธีการ ได้แก่ สำรวจปริมาณธาตุอาหาร (nutrient survey) เช่น ศึกษาการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมของ

ยางพาราและหาปริมาณธาตุดังกล่าวที่มีอยู่ในดินในพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในภาคใต้ เพื่อทบทวนการจัดทำคำแนะนำอัตราการให้ธาตุอาหารพืช (Pongthai *et al*., 2017) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของธาตุอาหารพืชที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ชาน้ำมัน (Khunthong *et al*. 2020) ยางพารา (Bueraheng *et al*., 2016; Kongmak *et al*., 2017) เป็นต้น สำหรับวิธีการพิจารณาอาการขาดธาตุอาหารพืชด้วยสายตา และการหาปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นวิธีการทางอ้อม (indirect method) เพื่อเชื่อมโยงถึงปริมาณธาตุอาหารมีผลต่อการสังเคราะห์แสง ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียม มีการศึกษาในไม้ผลหลายชนิด เช่น ส้มโอ (Jaroonchon *et al*., 2010) เงาะและลองกอง (Chanaweerawan and Sdoodee, 2002) เป็นต้น รวมไปถึงใช้เป็นแนวทางในการจัดการแปลงเพื่อให้ได้รับแสงในระหว่างการผลิใบ เช่น ลิ้นจี่พันธุ์ Shasi เป็นลิ้นจี่พันธุ์เบาที่พบปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดในใบชุดที่ 1 หากได้รับแสงไม่เพียงพอทำให้มีผลต่อช่วงเวลาการเกิดช่อดอก (Kumari *et al*., 2008)

การจัดการธาตุอาหารในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางใบมีความสำคัญต่อการออกดอกของทุเรียน ภายหลังจากการผลิใบอ่อนมาแล้ว 1 - 2 รุ่น มีการสังเคราะห์แสงเพื่อการสะสมอาหารในรูปของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่เพียงพอ โดยใบทั้งสองรุ่นเป็นใบหลักในการสร้างและสะสมอาหาร (Phattaralerphong *et al.,* 2015) ใบทุเรียนที่มีอายุมากขึ้นมีปริมาณธาตุอาหารหลักลดลง ในขณะที่มีการสะสมแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และแมงกานีสเพิ่มขึ้น ใบดัชนีของทุเรียนถูกกำหนดให้เป็นใบตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของใบรุ่นที่ 1 ซึ่งมีอายุ 5 - 7 เดือน นับจากการผลิยอด เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่ตำแหน่งดังกล่าวมีความแปรปรวนน้อยเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น (Poovarodom *et al*., 2001) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียนเพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการทางสรีรวิทยา รวมไปถึงการสำรวจปริมาณธาตุอาหารในดินและใบทุเรียนที่เจริญเติบโตในระบบวนเกษตรของจังหวัดอุตรดิตถ์ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับค่าความเขียว และไนโตรเจนในใบดัชนีของทุเรียน สถานะของธาตุอาหารในดินและใบดัชนี เพื่อเป็นแนวทางการให้คำแนะนำการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับการเพาะปลูกทุเรียนภายใต้ระบบวนเกษตรของจังหวัดอุตรดิตถ์

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการศึกษาในพื้นที่เพาะปลูกทุเรียนในอำเภอลับแลและอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยเลือกสวนที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง หลงลับแล และพันธุ์พื้นเมืองที่มีอายุต้นทุเรียน 10 - 30 ปี จำนวน 7 สวน รวมทั้งหมด 34 ต้น แบ่งเป็นพันธุ์หมอนทอง 12 ต้น หลงลับแล 11 ต้น และพันธุ์พื้นเมือง 11 ต้น การจัดการดินและธาตุอาหารของแต่ละสวนมีความแตกต่างกัน ดังนี้ สวนที่ 1) ไม่มีการจัดการสวน ปล่อยให้ทุเรียนเจริญเติบโตตามธรรมชาติแล้วรอเก็บผลผลิต สวนที่ 2) ไม่เคยใช้วัสดุปูน ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก มีการพ่นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอย่างสม่ำเสมอ สวนที่ 3) ไม่เคยใช้วัสดุปูน มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ไม่มีการพ่นธาตุอาหารทางใบ สวนที่ 4) มีการใส่โดโลไมต์, ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลักเป็นบางครั้ง สวนที่ 5) เคยใส่โดโลไมต์ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก มีการพ่นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอย่างสม่ำเสมอ สวนที่ 6) มีการใส่โดโลไมต์, ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก มีการพ่นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอย่างสม่ำเสมอ สวนที่ 7) ใส่ถ่านชีวภาพและยิปซัมสังเคราะห์เป็นสารปรับปรุงดิน ใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก มีการพ่นธาตุอาหารรองและจุลธาตุอย่างสม่ำเสมอ

### การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินใต้ทรงพุ่มเป็นรายต้นที่ระดับความลึก 0 - 20, 20 - 40 และ 40 - 60 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

(ดิน : น้ำ 1 : 1) อินทรียวัตถุ (Walkley-Black) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (1M $NH_4OAc$ pH 7) (Therajindakajorn, 2009) ตัวอย่างดินมีลักษณะเป็นสีส้มอิฐ จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 หรือพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ความลาดชันเกิน 35 เปอร์เซ็นต์

เก็บตัวอย่างใบทุเรียนจากทุเรียนต้นเดียวกับที่เก็บตัวอย่างดิน ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นระยะที่ทุเรียนออกดอก โดยเก็บใบทุเรียนรุ่นที่ 1 และ 2 ตำแหน่งที่ 1 - 4 จากทั้ง 4 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก บริเวณกิ่งล่างหรือความสูงที่ระดับมือเอื้อมถึง แล้วเลือกเฉพาะใบที่สมบูรณ์ ไม่มีการเข้าทำลายของศัตรูพืช จำนวน 514 ใบ วัดค่าความเขียวในภาคสนามโดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD) ยี่ห้อ Konica รุ่น SPAD-502 พลัส วัดค่าความเขียวกระจายทั่วใบทุเรียนแต่ละใบจำนวน 6 จุดเพื่อหาค่าเฉลี่ย จากนั้นเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกแล้วบรรจุในกล่องโฟมที่มีเจลเย็น (ice pad) ที่ห่อหุ้มด้วยผ้าเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง

**การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี**

การประเมินผลเบื้องต้นไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าความเขียวที่วัดได้ในใบทุเรียนแต่ละพันธุ์และอายุของต้น จึงนำค่าเฉลี่ยความเขียวที่วัดได้มาเรียงลำดับตั้งแต่ค่าน้อยไปมาก เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างมีวิธีการที่แตกต่างกัน จึงสุ่มใบทุเรียนที่เรียงลำดับค่าความเขียวออกเป็น 3 กลุ่ม โดยวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ จำนวน 128 ใบ และนำใบดัชนีมาวิเคราะห์หาไนโตรเจน จำนวน 96 ใบ, ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ใช้ตัวอย่างใบกลุ่มเดียวกันจำนวน 44 ใบ

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยสกัดด้วยอะซิโตนความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ และทำการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 663 และ 645 นาโนเมตร โดยคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมตามวิธีการของ Witham *et al*. (1971)

การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียน เตรียมตัวอย่างโดยล้างทำความสะอาดใบก่อนที่จะนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงบดและย่อยด้วยกรดซัลฟูริก ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Kjeldahl distillation) ฟอสฟอรัส (vanadomolybdate method) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (atomic absorption spectrophotometer) (Suwanwong, 2001)

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

นำข้อมูลค่าความเขียว ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม อัตราส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์เอ/บี และปริมาณธาตุอาหารในใบพืชมาทดสอบการกระจายแบบปกติ (normality test) และตัดข้อมูลค่าผิดปกติ (outlier) ออก จากนั้นนำข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์มาหาค่ามัธยฐาน และวัดตำแหน่งของข้อมูลและแสดงผลแบบ box and whisker plot ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความเขียวกับปริมาณไนโตรเจน และค่าความเขียวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหาร โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS Statistics version 17.0

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

**ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียน**

ปริมาณคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตามชนิด รุ่นใบ และตำแหน่งใบ โดยพบว่าคลอโรฟิลล์เอมีความเข้มข้นสูงกว่าคลอโรฟิลล์บีอย่างชัดเจนในใบทั้งสองรุ่นและทุกตำแหน่งใบ เมื่อพิจารณารุ่นของใบทุเรียน พบว่า ใบทุเรียนรุ่นที่ 1 ในทุกตำแหน่งใบมีค่ามัธยฐานของปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีสูงกว่าใบรุ่นที่ 2 โดยค่ามัธยฐานของคลอโรฟิลล์เอของใบรุ่นที่ 1 ในตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.29, 0.31 และ 0.33 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนในใบรุ่นที่ 2 ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.21, 0.16 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับค่ามัธยฐานของคลอโรฟิลล์บีในใบรุ่นที่ 1 ในตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3

มีค่า 0.15, 0.13 และ 0.17 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนในใบรุ่นที่ 2 ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากันคือ 0.11 มิลลิกรัมต่อกรัม (Figure 1a,b) และตำแหน่งใบที่ 2 และ 3 ในรุ่นใบที่ 1 พบความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอและบีเป็นช่วงกว้างกว่าตำแหน่งอื่น คือ 0.07 - 0.86 และ 0.09 - 0.98 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (Figure 1a,b)

สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเป็นผลมาจากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ ที่ยังคงพบความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบรุ่นที่ 1 มีค่าสูงกว่าใบรุ่นที่ 2 (Figure 1c) สำหรับอัตราส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์เอต่อบี พบว่า ใบทุเรียนทั้งสองรุ่นและทุกตำแหน่งใบมีค่ามัธยฐานมากกว่า 1 (Figure 1d)

ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในแต่ละรุ่นและตำแหน่งใบมีความแตกต่างกันได้ในไม้ผลแต่ละชนิดหรือแต่พันธุ์ นอกจากนี้ ยังบอกถึงอัตราการสังเคราะห์แสงได้ (Kumari *et al*., 2018) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าใบรุ่นที่ 1 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าเมื่อเทียบกับใบรุ่นที่ 2 สำหรับใบรุ่นที่ 1 ตำแหน่งใบที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งของใบดัชนี พบว่า ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมีช่วงความเข้มข้นที่กว้างกว่าที่ตำแหน่งใบอื่น ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Phattaralerphong *et al*. (2015) ที่พบว่า ใบทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีอายุ 55 - 60 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมที่มากกว่าใบที่มีอายุ 35 - 45 วัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งใบดัชนีก็เป็นตำแหน่งที่พบปริมาณคลอโรฟิลล์เข้มข้นสูงกว่าตำแหน่งอื่นและพบปริมาณคลอโรฟิลล์เป็นช่วงกว้าง ขณะเดียวกันใบดัชนีเป็นตำแหน่งใบที่พบปริมาณธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกันหรือมีความคงที่มากกว่าตำแหน่งอื่น (Poovarodom *et al*., 2001)

สัดส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์เอต่อบีของใบทุเรียนที่มีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าความเข้มแสงที่ส่องมายังใบทุเรียนเพียงพอสำหรับเจริญเติบโตในระบบวนเกษตรที่มีร่มเงาของไม้ยืนต้น มีความเข้มแสงมากกว่า 680 นาโนเมตร โดยมีคลอโรฟิลล์เอทำหน้าที่หลักในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Beneragama and Goto, 2010)

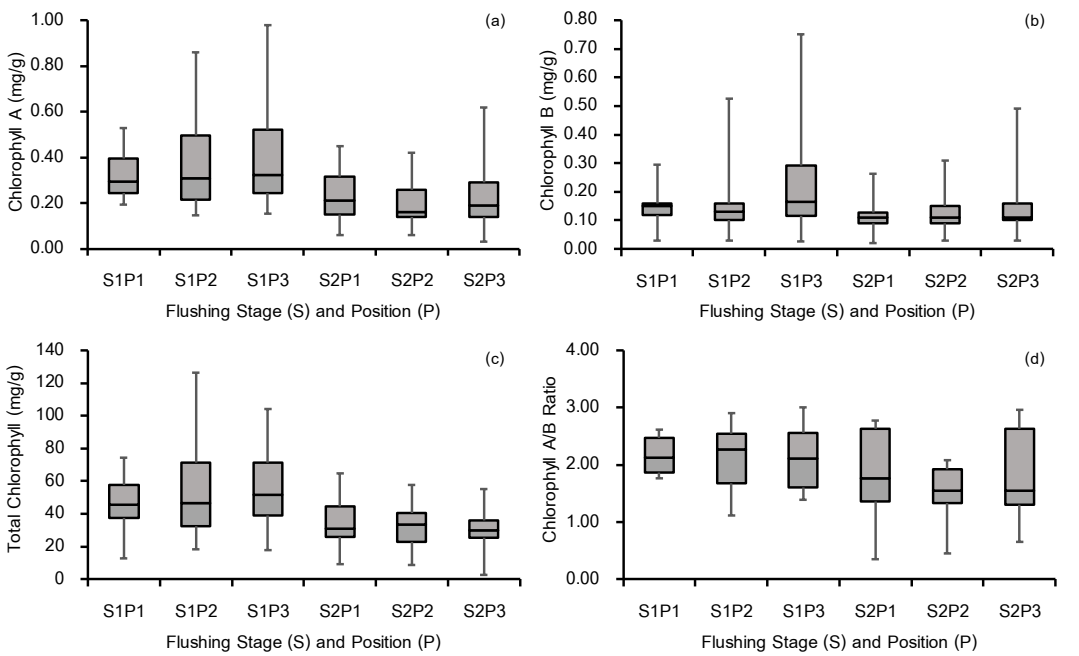



Figure 1. Total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll a/b ratio of durian leaves in different flushing stages and leaf positions

**ความสัมพันธ์ระหว่างความเขียว ไนโตรเจน และปริมาณคลอโรฟิลล์**

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเขียวและปริมาณไนโตรเจนในใบดัชนี พบว่าปริมาณไนโตรเจนไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความเขียวของใบทุเรียน (Figure 2a) แต่ค่าความเขียวมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์รวมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($r = 0.52^{***}$) และมีความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง (Figure 2b) แสดงให้เห็นว่าความเขียวของใบสัมพันธ์ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แต่ไม่สามารถใช้ความเขียวทำนายปริมาณไนโตรเจนในใบดัชนีได้

เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ เป็นเครื่องที่วัดค่าดูดกลืนแสงของใบไม้โดยที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่คลอโรฟิลล์ดูดกลืนช่วงแสงส่วนที่ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตรเป็นช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์ไม่ดูดกลืนแสง จากนั้นค่าดังกล่าวถูกนำมาคิดเป็นสัดส่วนก่อนที่แปลงเป็นสัญญานไฟฟ้า และแสดงผลในเชิงปริมาณในหน่วย SPAD ดังนั้นความเขียวแปรผันตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยปกติไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์และเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสง และเป็นองค์ประกอบในคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี 6.3 และ 6.2 เปอร์เซ็นต์ (Chou *et al*., 2020) การเปลี่ยนรูปจากไนโตรเจนเป็นคลอโรฟิลล์ในระหว่างกระบวนการสังเคราะห์แสง ขึ้นอยู่กับแสงและไนโตรเจนที่พืชได้รับ ค่าความเขียวของใบสามารถผันแปรไปตามปริมาณแสง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคลอโรพลาสต์ที่ขึ้นกับแสง (light - dependent chloroplast movement) และมีการให้ธาตุไนโตรเจนต่ำ แต่หากพืชได้รับแสงและไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ไนโตรเจนเปลี่ยนเป็นคลอโรฟิลล์อย่างเต็มที่และทำให้คลอโรพลาสต์ขยายขนาดเต็มพื้นที่ว่างของเซลล์จนเคลื่อนที่ไม่ได้ ทำให้เมื่อวัดค่าความเขียวจึงไม่ผันแปรตามปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง (Xiong *et al*. 2015) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) ที่เกิดจากความการนำค่าความเขียวมาทำนายปริมาณไนโตรเจนในใบขึ้นอยู่กับชนิดของพืชทดลอง เช่น ลองกอง ($R^2 = 0.82^{**}$) เงาะ ($R^2 = 0.79$) ส้มโอ ($R^2 = 0.16^{***}$) (Chanaweerawan and Sdoodee, 2002; Jaroonchon *et al.,* 2010) นอกจากนี้ ค่าความเขียวยังขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ เช่น การศึกษาของ Brunetto *et al*. (2012) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวกับไนโตรเจนในช่วงระยะออกดอกและช่วงที่ผลผลิตองุ่นกำลังเปลี่ยนสี พบว่า ในปีแรกของการศึกษาต้นองุ่นตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นอย่างดี ในขณะที่ปีที่สองมีฝนตกชุกจนเกิดการ-ชะล้างไนโตรเจนต้นองุ่นจึงไม่ได้รับไนโตรเจนเท่าที่ควรทำให้พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเขียวกับปริมาณไนโตรเจนเฉพาะในปีแรกเท่านั้น ในการศึกษานี้ พบว่าในระยะที่ทุเรียนออกดอกซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรทุกสวนงดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ขณะที่ใบดัชนีทุเรียนมีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานและได้รับแสงเพียงพอต่อการเจริญเติบโต อาจเป็นไปได้ว่าช่วงเวลาดังกล่าวต้นทุเรียนมีการดูดใช้ไนโตรเจนน้อยมาก จึงทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเขียวกับปริมาณไนโตรเจนในใบดัชนี

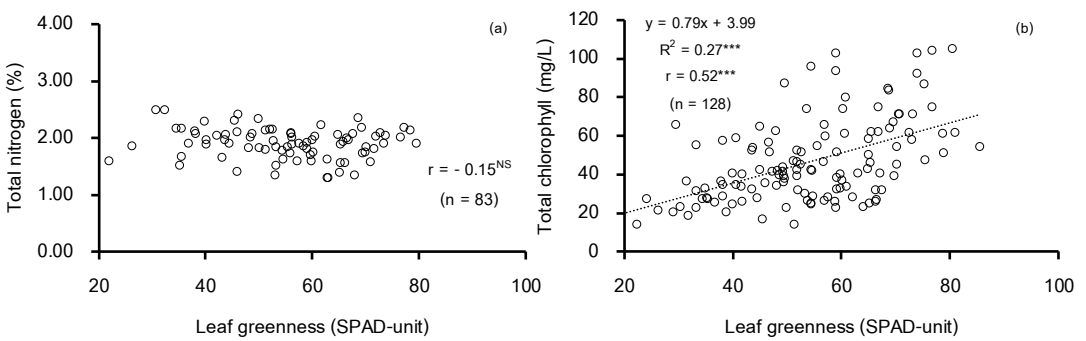



Figure 2. Relationship between leaf greenness and total nitrogen (a) and leaf greenness and total chlorophyll (b)

**ปริมาณธาตุอาหารในดิน**

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินของแต่ละสวนเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Santasup, 2009) พบว่า ค่า pH ส่วนใหญ่ยังมีค่าต่ำกว่า 5.5 ในทุกระดับความลึก ยกเว้นสวนที่ 1 ซึ่งเป็นสวนที่ปล่อยตามธรรมชาติ ไม่มีการจัดการ (Figure 3a) สำหรับปริมาณอินทรีย-วัตถุของทุกสวนพบว่า ดินที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุเกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น (Figure 3b) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละสวนเฉพาะสวนที่มีการใส่ปุ๋ยทางดินเป็นประจำ เช่นสวนที่ 5, 6 และ 7 พบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เกินค่ามาตรฐาน ขณะที่ระดับความลึก 20 - 40 และ 40 - 60 เซนติเมตรของทุกสวนพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงอย่างชัดเจน (Figure 3c) สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบเฉพาะในดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร และส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (Figure 3d) สำหรับปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของทุกสวนและทุกระดับความลึกมีลักษณะคล้ายกันคือ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (Figure 3e, f)

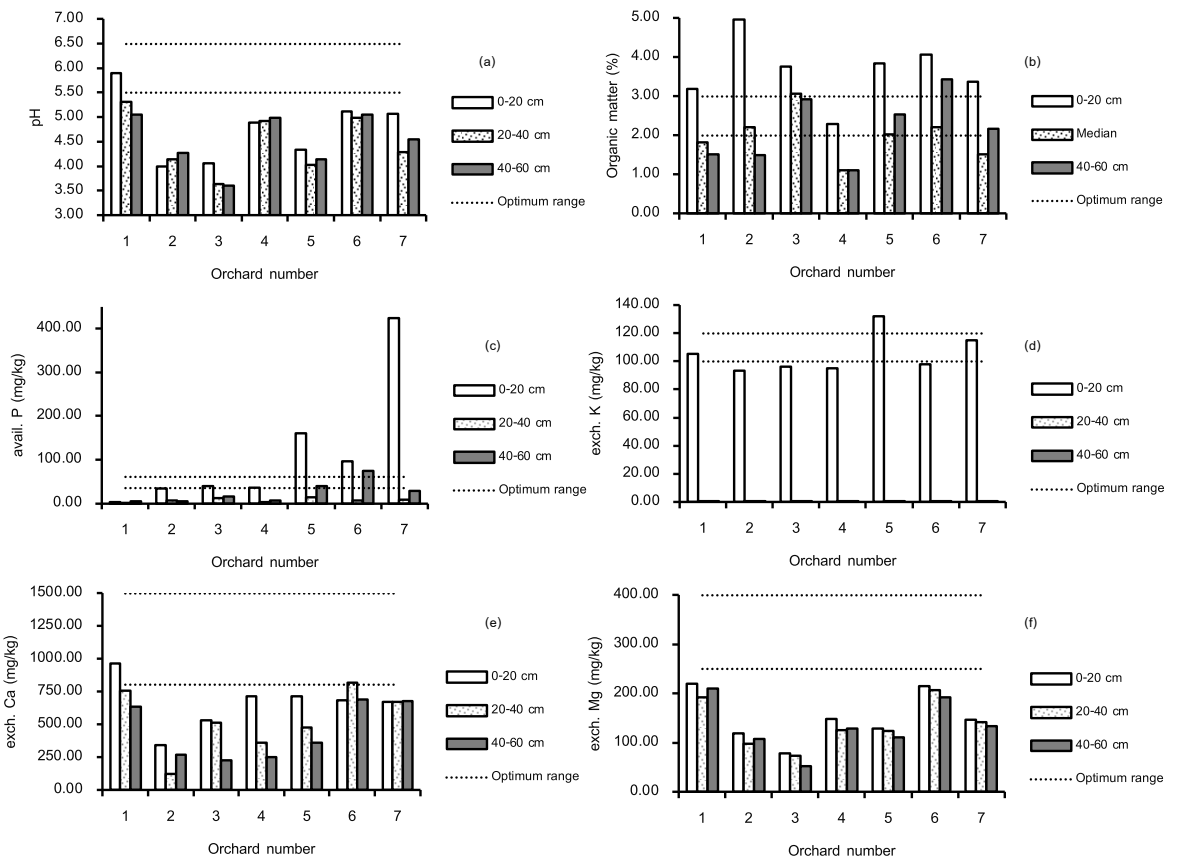



Figure 3. Soil properties of different orchard (a) pH, (b) organic matter, (c) available P, (d) exchangeable K, (e) exchangeable Ca, (f) exchangeable Mg

เมื่อพิจารณาสัดส่วนความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Figure 4a) และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แปรผกผันซึ่งกันและกัน (Figure 4b) แสดงให้เห็นว่ามีปฏิสัมพันธ์เชิงลบเกิดขึ้นในดินชั้นบนระหว่างธาตุอาหารดังกล่าว

ค่า pH และอินทรียวัตถุในดินของสวนทุเรียนวนเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์มีรูปแบบคล้ายกัน คือ ดินมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 และมีอินทรียวัตถุมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Boonyanuphap *et al*., 2021; Sangmanee *et al*., 2011) กรณีไม่มีการใส่วัสดุปูน เช่นสวนที่ปล่อยตามธรรมชาติ ส่วนมากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำเพราะถูกตรึงอยู่ในดิน ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ขึ้นอยู่กับการตกค้างของปุ๋ยในดินชั้นบน ขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับการใส่วัสดุปูนเป็นหลัก ค่า pH ยังมีอิทธิพลต่อสถานะของธาตุอาหารในดิน เช่น สวนที่ 1 ไม่มีการจัดการ การรบกวนดินมีน้อยกว่า ความเป็นกรดของดินเกิดจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในระบบเป็นหลักและมีการชะล้างหน้าดินตามธรรมชาติ ขณะที่สวนที่ 2 และ 3 ไม่มีการใส่วัสดุปูนและมีการใส่ทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ความเป็นกรดในดินจึงเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การย่อยสลายของอินทรีวัตถุ ผลตกค้างของปุ๋ยเคมี และการดูดใช้ธาตุอาหารประจุบวกของพืช pH แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าสวนอื่นอย่างชัดเจน สำหรับสวนที่ 5 และ 6 แม้มีการใส่โดโลไมต์ แต่ไม่ได้ใส่เป็นประจำและใส่ในอัตราที่ต่ำกว่าความต้องการปูน ดังนั้น ค่า pH จึงไม่ต่างจากสวนอื่น แต่พบค่าแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นตามค่า pH เช่นสวนที่ 6 กรณีของสวนที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการปรับปรุงดินด้วยถ่านชีวภาพ และยิปซัมสังเคราะห์ค่า pH ยังไม่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสม แต่ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าใกล้เคียงกันทุกระดับความลึก เนื่องจาก ยิปซัมสังเคราะห์ไม่ได้มีคุณสมบัติในการปรับค่า pH โดยตรงแต่เป็นแหล่งของแคลเซียม ซึ่งโดยปกติเมื่อได้รับความชื้นมีการปลดปล่อยแคลเซียมอย่างรวดเร็วภายใน 7 วันแรกหลังจากใส่ (Sangmanee, 2021) ขณะที่ถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีรูพรุนจำนวนมากทำให้แคลเซียมเคลื่อนที่ลงไปสู่ดินในระดับที่ลึกขึ้นได้ (Barnes *et al*., 2014; Libutti *et al*., 2019)

**ปริมาณธาตุอาหารในใบดัชนี**

เนื่องจากไม่พบความแตกต่างของธาตุอาหารในใบดัชนีในแต่ละสวน และเมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารในดินและใบดัชนีแบบรายต้นพบว่า ไม่มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ดินมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่กลับพบว่า ใบดัชนีมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าค่ามาตรฐาน ดังนั้น ในการรายงานปริมาณธาตุอาหารในใบดัชนีจึงเป็นการรายงานในภาพรวมถึงสถานะของธาตุอาหารพืชโดยเปรียบเทียบกับช่วงของค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

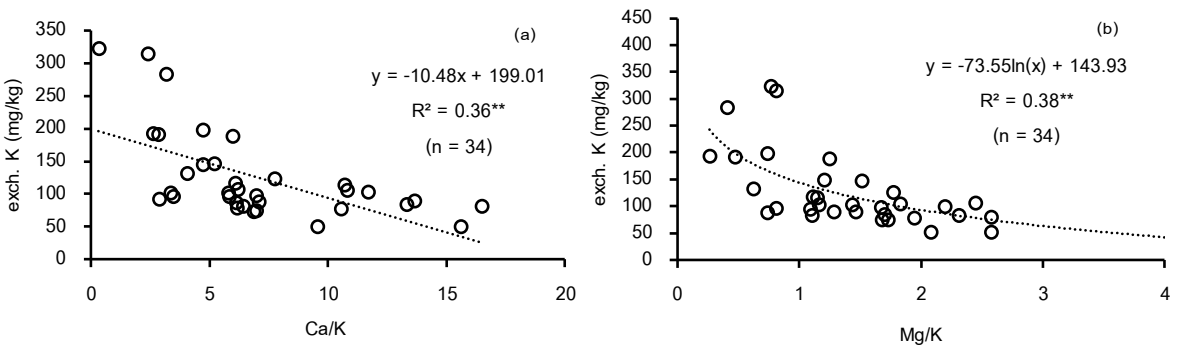



Figure 4. Correlation between Ca/K ratio and exchangeable K (a) and Mg/K ration and exchangeable K (b)

(Poovarodom *et al*., 2001) (Table 1) จากการพิจารณาพบว่า ปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูงกว่าค่ามาตรฐานขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุอาหาร เช่น ปริมาณไนโตรเจนในใบดัชนีมีค่ามัธยฐาน 1.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมส่วนใหญ่มีค่ามัธยฐานสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างชัดเจน โดยฟอสฟอรัสมีค่ามัธยฐาน 0.60 และ 3.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ขณะที่ค่ามาตรฐานของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0.15 - 0.25 และ 1.50 - 2.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ส่วนธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม พบว่า มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ แคลเซียมมีค่ามัธยฐาน 0.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่อยู่ในช่วง 1.7 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แมกนีเซียม มีค่ามัธยฐาน 1.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าค่ามาตรฐาน 0.25 - 0.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 3 - 6 เท่า (Table 1)

โพแทสเซียมที่พบในใบปริมาณที่สูงมากกว่าค่ามาตรฐานส่งผลทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางลบกับแคลเซียมและแมกนีเซียม เมื่อนำค่าความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความสัมพันธ์ของโพแทสเซียมกับแคลเซียม และโพแทสเซียมกับแมกนีเซียม จึงพบว่า เกิดสภาวะอันตรกิริยาเชิงลบระหว่างธาตุดังกล่าวในใบ ด้วยค่า $R^2$ เท่ากับ 0.91 และ 0.94 ตามลำดับ (Figure 5) จะเห็นได้ว่าเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างธาตุโพแทสเซียมกับแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบที่เกิดขึ้นได้โดยทั่วไปเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของโพแทส-เซียม (Osotsapar, 2017) แต่งานวิจัยนี้พบว่า ขณะที่เกิดปฏิสัมพันธ์ทางลบระหว่างโพแทสเซียมกับแมกนีเซียม กลับพบว่า แมกนีเซียมในใบดัชนีมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานเป็นอย่างมาก ในขณะที่แคลเซียมกลับพบในปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ดังนั้น ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า การเกิดปฏิสัมพันธ์ทางลบระหว่างธาตุดังกล่าวอาจขึ้นอยู่กับพัฒนาการของพืชและประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร เช่น แคลเซียมจัดเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ยากในพืช (immobile element) ภายหลังจากการดูดธาตุแคลเซียมผ่านเข้าทางรากขนอ่อนแล้ว แคลเซียมเคลื่อนที่เข้าสู่ท่อน้ำ และดูดซึมเข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยเฉพาะเนื้อเยื่อแก่ ความสามารถในการเคลื่อนที่ของแคลเซียมขึ้นอยู่กับการคายระเหยของพืชด้วย (Ernani *et al*., 2008) ขณะที่แมกนีเซียมเคลื่อนย้ายทางท่ออาหารแล้วกระจายไปยังแหล่งรับได้ง่าย และโพแทสเซียมเป็นธาตุที่พืชสามารถดูดใช้ได้อย่างไม่จำกัด (luxury consumption) (Osotsapar, 2017) ข้อค้นพบเกี่ยวกับปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำแต่พบแมกนีเซียมในใบสูงกว่าค่ามาตรฐานแต่ทุเรียนยังเจริญเติบโตได้ดี สนับสนุนผลการศึกษาของ Kongmak *et al*. (2017) ที่กล่าวว่าพืชอาจต้องการแมกนีเซียมที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งในช่วงที่ศึกษาเป็นช่วงที่ใบรุ่นที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงมาก จึงอาจมีการลำเลียงแมกนีเซียมไปที่ใบเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง

**Table 1.** Status of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in index leaves and standard ranges of these nutrients

| Nutrients | Index leaves | | | | Standard |
|---|---|---|---|---|---|
| | Median | Ranges | Upper quatile (Q1) | Lower quatile (Q3) | Leaves* |
| Nitrogen (%) | 1.96 | 1.29 - 2.74 | 1.71 | 2.09 | 2.00 - 2.40 |
| Phosphorus (%) | 0.60 | 0.08 - 1.55 | 0.39 | 0.86 | 0.15 - 0.25 |
| Potassium (%) | 3.53 | 2.00 - 4.80 | 3.08 | 3.80 | 1.50 - 2.50 |
| Calcium (%) | 0.90 | 0.15 - 2.27 | 0.62 | 1.31 | 1.70 - 2.50 |
| Magnesium (%) | 1.50 | 0.02 - 2.13 | 0.82 | 1.82 | 0.25 - 0.50 |

*Poovarodom *et al*. (2001)

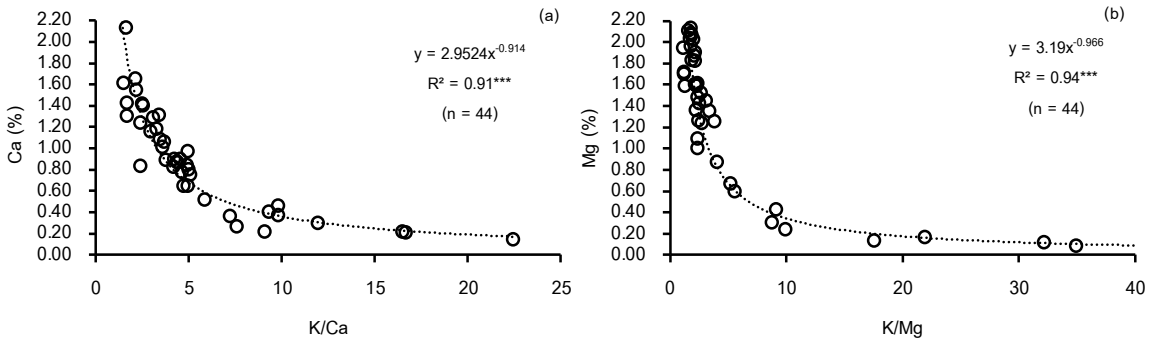



Figure 5. Correlation between K/Mg ratio and total magnesium (a) and Ca/Mg ration and total magnesium of index leaves (b)

ปกติค่า pH เป็นสมบัติดินที่ควบคุมการดูดใช้ธาตุอาหารพืช เมื่อดินได้รับการปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม การดูดใช้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น เช่น การใส่โดโลไมต์เพื่อปรับค่า pH สำหรับดินที่ปลูกอินทผลัมภายใต้การทดลองในกระถาง พบว่า เมื่อใส่โดโลไมต์จนทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 4.33 จนอยู่ในช่วง 5.72 - 6.74 พบว่า ในใบดัชนีมีปริมาณธาตุอาหารได้แก่ ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Damrongrak and Wet-o-sot, 2020) แต่การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การดูดใช้ธาตุอาหารพืชในสวนทุเรียนระบบวนเกษตรมีความซับซ้อนกว่าและขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารในใบดัชนีนอกจากขึ้นอยู่กับการดูดใช้ธาตุอาหารพืชจากดินแล้ว ยังขึ้นอยู่กับการได้รับธาตุอาหารพืชทางใบ รวมไปถึงการลำเลียงธาตุอาหารไปใช้ในแต่ละช่วงพัฒนาการของพืช เป็นต้น

แนวทางการจัดการธาตุอาหารพืชของสวนทุเรียนระบบวนเกษตรของจังหวัดอุตรดิตถ์ซึ่งเป็นสวนทุเรียนระบบวนเกษตรที่ปลูกบนภูเขาและมีการจัดการระบบน้ำอย่างจำกัด ทุเรียนผลิใบจำนวน 3 รุ่น ในช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และตุลาคม ซึ่งการผลิใบรุ่นที่ 1 ตรงกับช่วงที่เก็บผลผลิต ในขณะที่รุ่นที่ 2 และผลผลิตรุ่นที่ 3 กำลังเจริญเติบโต โดยปกติหากไม่มีการจัดการด้านธาตุอาหารจะทำให้ผลทุเรียนร่วง อันมีสาเหตุจากสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ลดลง นอกจากนี้ ยังพบการระบาดของแมลง เช่น เพลี้ยจักจั่นฝอย เพลี้ยไก่แจ้ และเพลี้ยไฟ เข้าทำลายใบอ่อนรุ่นที่ 1 ดังนั้น เกษตรกรควรให้ความสำคัญและบำรุงใบรุ่นที่ 1 ให้สมบูรณ์ยาวนาน เนื่องจากมีอัตราการสังเคราะห์แสงและสะสมอาหารที่มากกว่าใบรุ่นที่ 2

จากผลการศึกษาสถานะของธาตุแคลเซียมทั้งในดินและในใบ พบว่า อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แคลเซียมมีความจำเป็นมากสำหรับการเพาะปลูกทุเรียนในระบบวนเกษตรของจังหวัดอุตรดิตถ์ ในทางปฏิบัติจึงควรให้แหล่งแคลเซียมทางดิน เช่น วัสดุปูน หรือปุ๋ยที่มีฤทธิ์ตกค้างเป็นด่าง เช่น ปุ๋ยเกรด 15 - 0 - 0 เป็นต้น ส่วนสถานะของแมกนีเซียมในดินต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ขณะที่ใบเกินค่ามาตรฐาน อาจพิจารณาให้ทางดิน เช่น โดโลไมต์ เพื่อให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้นถึงช่วงของค่ามาตรฐานและให้ทางใบในช่วงที่เกิดการผลิใบรุ่นที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงที่ใบต้องการแมกนีเซียมไปสังเคราะห์เป็นคลอโรฟิลล์

## สรุป

การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณธาตุอาหารในดินและใบทุเรียนที่เจริญเติบโตในรุ่นที่ 1 และ 2 พบปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมในใบดัชนีรุ่นที่ 1 มากกว่าใบรุ่นที่ 2 ความเขียวของใบสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ($r = 0.52^{***}$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน ส่วนสมบัติดินในสวนทุเรียนพบว่า มีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 มีอินทรียวัตถุมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน

ได้มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่ามาตรฐาน พบอันตรกิริยาทางลบระหว่างโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับแคลเซียม ($R^2$ = 0.36**) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ($R^2$ = 0.38**) สถานะของธาตุอาหารในใบดัชนีขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุอาหาร เฉพาะไนโตรเจนอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐาน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแมกนีเซียมมีค่ามัธยฐานสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างชัดเจน ขณะที่แคลเซียมมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เกิดอันตรกิริยาทางลบระหว่างโพแทสเซียมกับแคลเซียมและแมกนีเซียมอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับที่พบในดิน ช่วงที่ใบรุ่นที่ 1 เจริญเติบโตพบปริมาณแมกนีเซียมเกินค่ามาตรฐานในใบดัชนี 3 - 6 เท่า เนื่องจากทุเรียนมีการลำเลียงแมกนีเซียมไปที่ใบเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ขณะที่การเพิ่มค่า pH ในดินและแคลเซียมยังมีความจำเป็นอย่างมากต่อการเพาะปลูกทุเรียนในระบบวนเกษตร ในทางปฏิบัติจึงควรให้แหล่งแคลเซียมและแมกนีเซียมทางดิน เช่น โดโลไมต์หรือปุ๋ยที่มีฤทธิ์ตกค้างเป็นด่าง

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้โครงการวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมการผลิตทุเรียนหลงลับแลและหลินลับแล ในระบบวนเกษตรเพื่อความมั่นคงทางด้านเกษตรและอาหารของจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561

## เอกสารอ้างอิง

Barnes, R.T., M.E., Gallagher, C.A., Masiello, Z. Liu and B. Dugan. 2014. Biochar-induced changes in soil hydraulic conductivity and dissolved nutrient fluxes constrained by laboratory experiments. PLoS ONE 9(9): e108340, doi: 10.1371/journal.pone.0108340.

Beneragama, C.K. and K. Goto. 2010. Chlorophyll *a*:*b* ratio increases under low-light in 'shade-tolerant' *Euglena gracilis*. Tropical Agricultural Research 22(1): 12-25.

Boonyanuphap, J., K. Maosew, P. Moolthasit and T. Suthampaeng. 2021. Comparison of soil properties between native durian-based agroforestry and commercial growing durian-based mixed orchard on upstream areas. pp. 206-224. *In*: Proceedings of the 17th Naresuan University Annual Conference, Phitsanulok. (in Thai)

Brunetto, G., G. Trentin, C.A. Ceretta, E. Girotto, F. Lorensini, A. Miotto, G.Z.M Moser and G.W. de Melo. 2012. Use of the SPAD-502 in estimating nitrogen content in leaves and grape yield in grapevines in soils with different texture. American Journal of Plant Sciences 3: 1546-1561, doi: 10.4236/ajps.2012.311187.

Bueraheng, H., J. Onthong and K. Khawmee. 2016. Interaction between excess aluminum and manganese in rubber saplings clone RRIM 600. Songklanakarin Journal of Plant Science 3(2): 19-27. (in Thai)

Chanaweerawan, S. and S. Sdoodee. 2002. Using SPAD-502 to evaluate the total chlorophyll and nitrogen status in leaves of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) and rambutan (*Nephelium lappaseum* L.). Songklanakarin Journal of Science and Technology 24(1): 9-14. (in Thai)

Chou, S., B. Chen, J. Chen, M. Wang, S. Wang, H. Croft and Q. Sho. 2020. Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. Ecological Indicators 110(3): 105867, doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105867.

Coste, S., C. Baraloto, C. Leroy, É. Marcon, A. Renaud, A.D. Richardson, J.-C. Roggy, H. Schimann, J. Uddling and B. Hérault. 2010. Assessing foliar chlorophyll contents with the SPAD-502 chlorophyll meter: a calibration test with thirteen tree species of tropical rainforest in French Guiana. Annals of Forest Science 67: 607, doi: 10.1051/forest/2010020.

Damrongrak, I. and S. Wet-o-sot. 2020. Effect of pH adjustment of acid soil by dolomite on growth of date palm, chemical properties of soil and plant nutrient concentration in leaf. Songklanakarin Journal of Plant Science 7(2): 176-183. (in Thai)

Ernani, P.R., J. Dias, C.V.T do Amarante, D.C Ribeiro and D.A. Rogeri. 2008. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve quality of 'gala' apples in Brazil. Revista Brasileira de Fruticultura 30(4): 892-896.

Jaroonchon, N., K. Krisanapook and L. Phavaphutanon. 2010. Correlation between pummelo leaf nitrogen concentrations determined by combustion method and Kjeldahl method and their relationship with SPAD values form portable chlorophyll meter. Kasetsart Journal (Natural Science) 44(5): 800-807.

Khunthong, S., N. Prakongkep, M. Meetam, N. Surak, W. Suaysom, C. Kerdchana, C. Karapakdee, P. Chomun, C. Suaysom and T. Upanisakorn. 2020. Interaction between manganese with other plant nutrients in tea-oil camellia (*Camellia oleifera* Abel.) plantation soils, Ban Pang Mahan, Chiang Rai province. Songklanakarin Journal of Plant Science 7(3): 218-234. (in Thai)

Kongmak, P., K. Khawmee and J. Onthong. 2017. Status and K/Mg ratio in soil and leaves of rubber trees grown in lowland and upland areas. Songklanakarin Journal of Plant Science 4(4): 66-72. (in Thai)

Kumari, N., S. Nahakpam and R. Rani. 2018. Changing pattern of chlorophyll content and carotenoid in different flushes of five litchi varieties. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry SP1: 719-722.

Libutti. A., A.R.B. Cammerino, M. Francavilla and M. Monteleone. 2019. Soil amendment with biochar affects water drainage and nutrient losses by leaching: Experimental evidence under field-grown conditions. Agronomy 9(11): 758; doi: 10.3390/agronomy9110758.

Osotsapar, Y. 2017. Utilization of Foliar Fertilizer and Plant Stimulants. Kasetsart University Press, Bangkok. 348 p. (in Thai)

Phattaralerphong, J., P. Kasemsap, D. Satakhun, D. Chura and O. Duangngam. 2015. Single leaf photosynthetic light response of durian (*Durio zibethinus* Murray) cv. 'Monthong'. pp. 274-279. *In*: Proceedings of the 14th National Horticultural Congress, Bangkok. (in Thai)

Pongthai, T., J. Onthong and K. Khawmee. 2017. Effect of magnesium on nutrient concentration and growth of rubber tree sapling. Journal of Agricultural Research and Extension 34(1): 1-12. (in Thai)

Poovarodom, S., N. Tawinteung, S. Maireing, P. Kesayom and J. Prasittikhet. 2001. Plant analysis as a means of diagnosting nutritional status and fertilizer recommendations for durian. Final report. Thailand Research Fund (TRF), Bangkok. 196 p. (in Thai)

Sangmanee, P. 2019. Establishing the controlling system of quality and standard of geographical indication products: Uttaradit Long-Laplae durian and Uttaradit Lin-Laplae durian. Final report. Department of Intellectual Property, Bangkok. 387 p. (in Thai)

Sangmanee, P. 2021. Characteristics of biochar derived from cashew nut shell and potential for acid soil amelioration. Journal of Agriculture 37(1): 39-49. (in Thai)

Sangmanee, P., A. Bhromsiri and H. Tamura. 2011. Plant nutrition status of soil in durian and longkong orchards under agroforestry system in Uttaradit province. Journal of Agriculture 27(2): 197-208. (in Thai)

Santasup, C. 2009. Soil and fertilizer managements for Kluai Khai cultivation. pp. 69-78. *In*: J. Visitpanich (ed.). Handbook of Quality Kluai Khai Production. Nopburee Press, Chaing Mai. (in Thai)

Suwanwong, S. 2001. Plant Nutrient Analysis. Kasetsart University Press, Bangkok. 141 p. (in Thai)

Therajindakajorn, P. 2009. Handbook of Soil Chemical Analysis. Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen. 169 p. (in Thai)

Uttaradit Provincial Office. 2019. Developing plan of Uttaradit province during 2018-2022 (Revision version). (Online). Available: https://www2.uttaradit.go.th/files/com_news_devpro/2020-09_6cb809ed8d4fb8b.pdf. (September 26, 2021). (in Thai)

Witham, F.H., D.F. Blaydes and R.M. Devlin. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold, New York. 245 p.

Xiong, D., J. Chen, T. Yu, W. Gao, X. Ling, Y. Li, S. Peng and J. Huang. 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. Scientific Repeport 5: 13389, doi: 10.1038/srep13389.